


| | | |
|---|--|--|
|  | <p>KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO Jalan MT Haryono 167 Telp & Fax. (0341) 554 166 Malang-65145</p> | <p>KODE PJ-01</p> |
|---|--|--|

PENGESAHAN
PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA

NAMA : Aindyta Ayu Pradani
NIM : 0910630002 – 63
PROGRAM STUDI : Teknik Telekomunikasi
JUDUL SKRIPSI : Pengaruh *Fading* Lintasan Jamak Terhadap Performansi
High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)

TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS

Ir. Sigit Kusmaryanto, M.Eng.

NIP. 19580728 198701 1 001

NIP. 19700310 199412 1 001

**Pengaruh *Fading* Lintasan Jamak Terhadap Performansi
High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)**

PUBLIKASI JURNAL SKRIPSI



Disusun Oleh :

AINDYTA AYU PRADANI

NIM. 0910630002 - 63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2014**

PENGARUH *FADING* LINTASAN JAMAK TERHADAP PERFORMANSI *HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS (HSDPA)*

Aindyta Ayu Pradani NIM.0910630002

Pembimbing: Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS dan Ir. Sigit Kusmaryanto, M.Eng
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Abstrak- HSDPA adalah sebuah teknologi komunikasi bergerak yang berteknologi 3,5G (*third and half generation*) yang termasuk dalam keluarga teknologi *High-Speed Packet Acces* (HSPA) yang mampu meningkatkan kecepatan transfer data mencapai 14,4 Mbps untuk *download* data dan 2 Mbps untuk *upload* data. Fasilitas teknologi 3,5G tidak jauh berbeda dengan content 3G yang sudah ditawarkan oleh beberapa operator selular di Indonesia yaitu *video call*, *mobile video*, *mobile TV*. Frekuensi yang dipakai oleh teknologi ini sudah dapat dimaksimalkan secara efisien dengan pemakaian *bandwith* (lebar pita) yang tepat.

HSDPA merupakan sistem komunikasi nirkabel, yaitu menggunakan media udara untuk penransmisian sinyal. Pada kenyataannya antara pemancar (*Node-B*) dan pengguna (UE) seringkali terjadi kondisi NLOS (*Non Line of Sight*), yaitu kondisi dimana terdapat penghalang sinyal seperti pohon, rumah dan gedung yang mengakibatkan sinyal mengalami pemantulan. Adanya objek yang menyebabkan pantulan dan hamburan mengakibatkan sinyal yang sampai di penerima tidak hanya melewati satu jalur (*multipath*). Sinyal-sinyal *multipath* tersebut akan mengalami pergeseran fasa dan *delay* yang akan selalu berubah. Pengaruh dari perbedaan panjang lintasan sinyal akan mengakibatkan pergeseran relatif fasa antara komponen fasa utama yang bersuperposisi dengan komponen fasa lintasan lain. *Fading* yang terjadi akibat adanya propagasi gelombang *multipath* dinamakan *multipath fading* atau *fading* lintasan jamak. Oleh karena itu, keberadaan *fading* lintasan jamak akan mempengaruhi performansi dari HSDPA.

Dari analisis yang telah dilakukan, diketahui bahwa jenis *fading* yang terjadi yaitu berupa flat *fading*. Dengan memvariasikan jarak antara *Node-B* dan user equipment (UE) dari 100 m – 500 m, diketahui juga bahwa rugi-rugi redaman propagasi (*path loss*) pada kondisi *non-line of sight* (NLOS) jauh lebih besar dibandingkan pada kondisi *line of sight* (LOS), sehingga daya terima pada kondisi NLOS menjadi lebih kecil.

Kata kunci: *High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)*, *fading* lintasan jamak, *path loss*, *signal to noise ratio (SNR)*, *energy bit to noise ratio (Eb/No)* dan *bit error rate (BER)*, *line of sight (LOS)*, *non-line of sight (NLOS)*.

I. PENDAHULUAN

Pada penulisan skripsi ini akan dibahas mengenai seberapa besar pengaruh *fading* lintasan jamak terhadap performansi HSDPA. Pembahasan yang dilakukan meliputi analisis terhadap beberapa

parameter performansi HSDPA yang meliputi *path loss*, *signal to noise ratio (SNR)*, *energy bit to noise ratio (Eb/No)* dan *bit error rate (BER)*.

Pada skripsi ini akan dibahas mengenai seberapa besar pengaruh *fading* lintasan jamak terhadap performansi HSDPA. Pembahasan yang dilakukan meliputi analisis terhadap beberapa parameter performansi HSDPA yang meliputi *path loss*, *signal to noise ratio (SNR)*, *energy bit to noise (Eb/No)* dan *bit error rate (BER)*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Saat ini, jaringan UMTS di seluruh dunia telah di-upgrade ke *High Speed Packet Access (HSPA)* untuk meningkatkan kecepatan dan kapasitas paket data. HSPA mengacu pada kombinasi dari *High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)* dan *High Speed Uplink Packet Access (HSUPA)*. Meskipun telah diperkenalkan teknologi HSPA, evolusi jaringan UMTS masih belum berakhir. Untuk menjamin daya saing jaringan UMTS pada 10 tahun ke depan dan setelahnya, maka konsep UMTS *Long Term Evolution (HSDPA)* telah diperkenalkan sebagai 3GPP release 8. Tujuannya adalah untuk menyediakan komunikasi data dengan kecepatan data yang tinggi, *latency* yang rendah dan mengoptimalkan teknologi radio akses *packet-switched*.

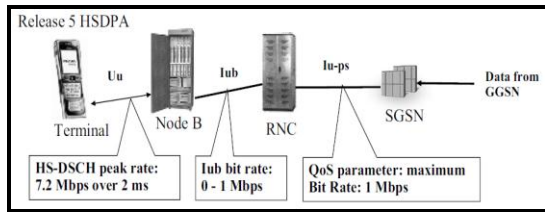
A. Konsep Dasar *High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)*

HSDPA memberikan jalur evolusi untuk jaringan *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)* yang memungkinkan untuk penggunaan kapasitas data yang lebih besar yaitu mencapai 14,4 Mbps untuk *download* data dan 2Mbps untuk *upload* data. Kecepatan terakhir yang dirilis oleh teknologi ini adalah HSPDA+, dengan kecepatan *download* mencapai 42 Mbps dan 84 Mbps dalam Rilis ke 9 dari standar 3GPP.

Pada bagian selanjutnya akan dijelaskan teori penunjang mengenai teknologi HSDPA, teknologi *multiple access* OFDM dan model propagasi gelombang radio yang dapat menimbulkan efek *fading* serta parameter-parameter yang digunakan untuk mengetahui performansi HSDPA.

B. Arsitektur Jaringan HSDPA

HSDPA dapat diterapkan pada jaringan WCDMA release 1999. Penerapan HSDPA pada jaringan WCDMA release 1999, mengakibatkan perubahan pada UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio AccesNetwork*) yang meliputi RAC (*Radio Access Controller*), *Node B*, *Iub interface* dan UE.



Gambar 1. Arsitektur Jaringan HSDPA
(Sumber : Hari Holma, 2006:26)

C. Fading lintasan jamak

Multipath fading yaitu *fading* yang terjadi akibat propagasi *multipath*. Sinyal yang diterima oleh penerima merupakan jumlah superposisi dari keseluruhan sinyal (sinyal LOS dan sinyal hasil pemantulan) yang dipantulkan akibat banyak lintasan (*multipath*). Adanya *multipath* ini memungkinkan sinyal yang dikirim dapat diterima meskipun lintasan terhalang, namun hal ini sangat mempengaruhi pada penerimaan sinyal pada penerima.

D. Parameter Performansi HSDPA

Untuk mengetahui performansi dari sistem HSDPA, mulai dari saat pengiriman di pemancar sampai dengan di penerima, dibutuhkan beberapa parameter yang akan digunakan dalam analisis. Beberapa parameter performansi yang akan dibahas dalam skripsi ini antara lain yaitu :

1. Redaman Propagasi (*path loss*)

Path loss adalah suatu parameter yang digunakan untuk mengetahui besarnya *loss* (rugi-rugi) yang terjadi selama proses pengiriman data di dalam media transmisi. Ada dua kondisi yang dapat menentukan besarnya rugi-rugi propagasi, yaitu :

• Kondisi Line Of Sight (LOS)

Kondisi LOS adalah kondisi dimana antara pemancar (*Node-B*) dan penerima (UE) tidak terdapat halangan sama sekali. Besarnya rugi-rugi propagasi ruang bebas dijelaskan dalam persamaan berikut [Rec. ITU-R M.1225] :

$$PL = -10 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (1)$$

dengan, $\lambda = \frac{c}{f}$

Keterangan :

- PL : *free space loss* (dB)
- λ : panjang gelombang (m)
- f : frekuensi kerja sistem (Hz)
- d : jarak antara pemancar dan penerima (m)
- c : kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

Setelah diperoleh nilai *path loss*, maka dapat dihitung nilai daya yang diterima pada UE. Sehingga daya yang diterima pada sistem *multicarrier* dinyatakan dalam persamaan berikut [Wang, 2004] :

$$P_r = P_t + G_t + G_r - PL - 10 \cdot \log_{10}(N) \quad (2)$$

dengan :

- P_r : daya terima (dBm)
- P_t : daya pancar (dBm)
- G_t : *gain* antenna pemancar (dBi)
- G_r : *gain* antenna penerima (dBi)
- PL : rugi-rugi propagasi (dB)

N : jumlah *subcarrier* (1024)

• Kondisi Non-Line Of Sight (NLOS)

Kondisi NLOS adalah kondisi dimana antara pemancar (*Node-B*) dan pengguna (UE) terdapat penghalang sinyal seperti rumah, pohon dan gedung. Kondisi ini menyebabkan sinyal yang dikirim oleh pemancar mengalami pantulan, difraksi atau *scattering*, sehingga sinyal tersebut memiliki lebih dari satu jalur dari pemancar ke penerima. Propagasi gelombang NLOS sering disebut sebagai propagasi *multipath*.

Besarnya rugi-rugi propagasi untuk kondisi NLOS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [Rec. ITU-R M.1225] :

$$PL = 40 \left((1 - 4 \times 10^{-3} \Delta h_b) \log_{10} R - 18 \log_{10} \Delta h_b + 21 \log_{10} f + 80 \right) \quad (3)$$

keterangan :

- PL : *Path Loss* (dB)
- R : jarak *Node-B* dan UE (km)
- Δh_b : tinggi antenna *Node-B* (m)
- f : frekuensi kerja sistem (MHz)

Setelah diperoleh nilai *path loss* (PL) untuk kondisi NLOS, maka dapat dihitung besarnya daya terima pada penerima dengan menggunakan persamaan berikut [Wang, 2004]:

$$P_r = P_t + G_t + G_r - PL - 10 \cdot \log_{10}(N) \quad (4)$$

dengan :

- P_r : daya terima (dBm)
- P_t : daya pancar (dBm)
- G_t : *gain* antenna pemancar (dBi)
- G_r : *gain* antenna penerima (dBi)
- PL : rugi-rugi propagasi (dB)
- N : jumlah *subcarrier* (1024)

2. Signal to Noise Ratio (SNR)

Besarnya pengaruh redaman sinyal terhadap sinyal yang ditransmisikan dapat dinyatakan dengan perbandingan antara sinyal dengan *noise* (SNR) yang dinyatakan dalam persamaan berikut [E. Glatz, 1999] :

$$SNR_{(dB)} = P_r(dBm) - N_o(dBm) \quad (5)$$

dengan :

- SNR : *signal to noise ratio* (dB)
- P_r : daya yang diterima (dBm)
- N_o : daya *noise* saluran transmisi (dBm)

Sedangkan untuk perhitungan daya *noise* dinyatakan dalam persamaan berikut [E. Glatz, 1999] :

$$N_{o(dBm)} = 10 \log k \cdot T + 10 \log B_{sistem} + NF \quad (6)$$

dengan :

- N_o : daya *noise* saluran transmisi (dBm)
- k : konstanta Boltzman ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K)
- T : suhu *absolute* (300° K)
- NF : *noise figure* (7 dB)
- B_{sistem} : *bandwidth* sistem (Hz)

Besarnya nilai SNR sistem yang menggunakan *air interface* OFDM diperoleh dari persamaan berikut [Hara, 2003] :

$$SNR_{sistem} = (1 - \alpha_{CP}) SNR \quad (7)$$

dengan :

- SNR_{sistem} : *signal to noise ratio* sistem (dB)
- SNR : *signal to noise ratio* (dB)

α_{cp} : faktor *cyclic prefix* (0,066)

3. Energy bit to Noise (Eb/No)

Eb/No adalah suatu parameter yang berhubungan dengan SNR yang biasanya digunakan untuk menentukan laju data digital dan sebagai ukuran mutu standar untuk kinerja sistem komunikasi digital. Energi per *bit* dalam sebuah sinyal dijelaskan dalam persamaan berikut [William Stallings, 2007] :

$$\frac{Eb}{No} = \frac{S}{N} - 10 \log \frac{B}{R} \quad (8)$$

keterangan :

$\frac{Eb}{No}$: rasio *energy bit* terhadap *noise* (dB)

S/N : *signal to noise ratio* sistem (dB)

B : *bandwidth* (Hz)

R : laju data (bps)

4. Bit Error Rate (BER)

BER atau probabilitas *error bit* merupakan nilai ukur kualitas sinyal yang diterima untuk sistem transmisi data digital. Besarnya nilai BER (Pb) untuk masing-masing teknik modulasi dijelaskan dalam persamaan berikut [A. Goldsmith, 2005 : 168] :

- **Kondisi LOS**

- **QPSK**

$$P_{b,QPSK} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \quad (9)$$

keterangan :

P_b : BER pada saat transmisi (tanpa satuan)

$\frac{Eb}{No}$: rasio energi *bit* terhadap *noise* pada saat transmisi dengan modulasi QPSK (dB)

- **M-ary QAM**

$$P_{b,M-QAM} \approx \frac{2(\sqrt{M}-1)}{\sqrt{M} \log_2 M} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{3 \log_2 M}{4(M-1)}} \sqrt{\frac{Eb}{No}} \right) \quad (10)$$

keterangan :

P_{b,M-ary QAM} : BER pada saat transmisi (tanpa satuan)

M : jumlah sinyal, M = 16 untuk 16-QAM

$\frac{Eb}{No}$: rasio energi *bit* terhadap *noise* pada saat transmisi dengan modulasi M-ary QAM (dB)

dimana,

$$\operatorname{erfc}(x) \approx \frac{1}{\sqrt{\pi}x} . e^{-x^2} \quad (11)$$

Keterangan :

erfc : *error function complementary*

- **Kondisi NLOS**

- **QPSK**

$$P_{b,QPSK} = \frac{1}{2} \left[1 - \sqrt{\frac{Eb/No}{1 + Eb/No}} \right] \quad (12)$$

keterangan :

P_b : BER pada saat transmisi (tanpa satuan)

$\frac{Eb}{No}$: rasio energi *bit* terhadap *noise* pada saat transmisi dengan modulasi QPSK (dB)

- **M-ary QAM**

$$P_{b,M-QAM} = \frac{2(\sqrt{M}-1)}{\sqrt{M}} \left[1 - \sqrt{\frac{3(Eb/No)(\log_2 M)}{2(M-1)+3(Eb/No)(\log_2 M)}} \right] \quad (13)$$

keterangan :

P_{b,M-ary QAM} : BER pada saat transmisi (tanpa satuan)

M : jumlah sinyal, M = 16

$\frac{Eb}{No}$: rasio energi *bit* terhadap *noise* pada saat transmisi dengan modulasi M-ary QAM (dB)

III. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan yaitu mengenai teknologi HSDPA, OFDM, *fading* lintasan jamak, *delay spread* dan parameter performansi HSDPA.

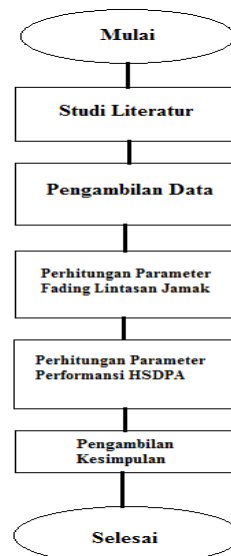
2. Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam skripsi ini berupa data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari studi literatur berbagai buku teks, jurnal dan data dari internet dan data primer yang diperoleh dari pengukuran *drive test*

3. Perhitungan dan analisis data

Ada dua parameter yang dianalisis pada skripsi ini, yaitu parameter *fading* lintasan jamak yang meliputi *delay spread* dan *bandwidth* koheren, serta parameter performansi HSDPA yang meliputi perhitungan *pathloss*, SNR, kapasitas kanal, Eb/No dan BER.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis perhitungan pada skripsi ini adalah seperti diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir Metodologi Penelitian
(Sumber : Perancangan)

IV. PEMBAHASAN DAN HASIL

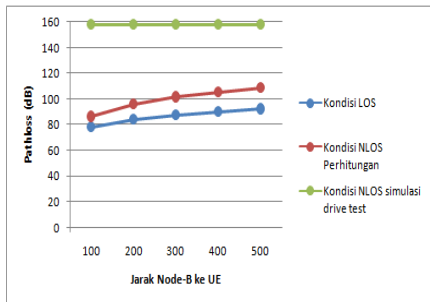
1. Analisis Redaman Propagasi (*Path Loss*) Tabel 1. Nilai Pathloss pada Kondisi LOS dan NLOS

Variasi nilai *pathloss* terhadap jarak antara *Node-B* dan UE yang didapatkan dari hasil pengukuran dengan menggunakan metode *drive test* dan perhitungan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai *pathloss* terhadap jarak antara *Node-B* dan UE

| No. | Jarak (m) | Line of Sight(LOS) | Non-Line of Sight (NLOS) | |
|-----|-----------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| | | Pathloss (dB) | Pathloss Perhitungan Teori (dB) | Pathloss Pengukuran drive test (dB) |
| 1. | 100 | 78.061 | 86.272 | 158.00 |
| 2. | 200 | 84.082 | 95.905 | 158.00 |
| 3. | 300 | 87.604 | 101.540 | 158.00 |
| 4. | 400 | 90.103 | 105.538 | 158.00 |
| 5. | 500 | 92.041 | 108.639 | 158.00 |

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 3. Grafik *pathloss* terhadap jarak antara *Node-B* ke UE

Berdasarkan analisis perhitungan redaman propagasi (*path loss*) dan daya terima di atas dapat diketahui bahwa :

1. Frekuensi kerja yang digunakan juga mempengaruhi besarnya nilai redaman propagasi.
2. Redaman propagasi yang paling besar adalah 92.041 dB dengan jarak antara UE dan *Node-B* sebesar 500 m dan yang paling kecil adalah 78.061 dB dengan jarak antara UE dan *Node-B* sebesar 100 m. Sedangkan daya terima pada *receiver* (UE) yang paling besar adalah -45.164 dBm dengan jarak antara UE dan *Node-B* sebesar 100 m dan yang paling kecil adalah -59.144 dB dengan jarak antara UE dan *Node-B* sebesar 500 m.

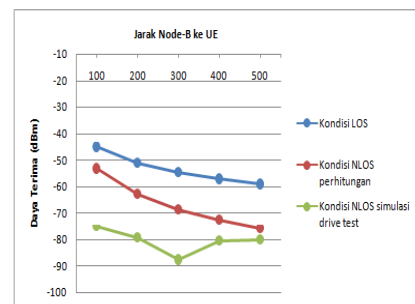
2. Daya Terima

Variasi nilai daya terima terhadap jarak antara *Node-B* dan UE yang didapatkan dari hasil pengukuran dengan menggunakan metode *drive test* dan perhitungan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Daya Terima Sinyal pada Kondisi LOS dan NLOS

| No. | Jarak (m) | Line of Sight(LOS) | Non-Line of Sight (NLOS) | |
|-----|-----------|--------------------|-------------------------------------|---|
| | | Daya Terima (dBm) | Daya Terima Perhitungan Teori (dBm) | Daya Terima Pengukuran drive test (dBm) |
| 1. | 100 | -45.164 | -53.375 | -74.917 |
| 2. | 200 | -51.185 | -63.008 | -79.200 |
| 3. | 300 | -54.707 | -68.643 | -87.693 |
| 4. | 400 | -57.206 | -72.641 | -80.564 |
| 5. | 500 | -59.144 | -75.742 | -80.100 |

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 4. Grafik daya terima terhadap jarak antara *Node-B* ke UE

Berdasarkan analisis perhitungan redaman propagasi (*path loss*) dan daya terima di atas dapat diketahui bahwa :

- Kondisi *Line Of Sight* (LOS) : sinyal masih dapat diterima dan diproses dengan baik sampai dengan jarak 500 m, karena daya terima ($P_r = -59.144$ dBm) tidak melebihi sensitivitas penerima (-106.5 dBm)
- Kondisi *Non-Line Of Sight* (NLOS) : sinyal masih dapat diterima dan diproses dengan baik sampai jarak 500 m karena tidak melebihi sensitivitas penerima.
- Hasil pengukuran *drive test* menunjukkan bahwa jarak tidak mempengaruhi nilai dari daya terima.

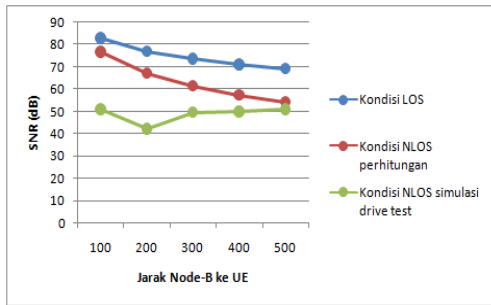
3. Analisis Signal to Noise Ratio (SNR)

Variasi nilai SNR terhadap jarak antara *Node-B* dan UE yang didapatkan dari hasil pengukuran dengan menggunakan metode *drive test* dan perhitungan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai SNRsistem LOS dan NLOS

| No. | Jarak (m) | Line of Sight(LOS) | Non-Line of Sight (NLOS) | |
|-----|-----------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|
| | | SNR (dBm) | SNR Perhitungan Teori (dB) | SNR Pengukuran drive test (dB) |
| 1. | 100 | 82.697 | 76.627 | 50.755 |
| 2. | 200 | 76.976 | 66.994 | 42.041 |
| 3. | 300 | 73.454 | 61.360 | 49.395 |
| 4. | 400 | 70.955 | 57.362 | 49.867 |
| 5. | 500 | 69.017 | 54.260 | 50.755 |

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 5. Grafik SNR terhadap jarak antara *Node-B* ke UE

Berdasarkan analisis perhitungan redaman propagasi (*path loss*) dan daya terima di atas dapat diketahui bahwa :

- Semakin besar nilai SNR maka kualitas sinyal terima akan semakin baik. Nilai SNR akan menurun sesuai dengan pertambahan jarak (*d*) dan penurunan daya terima (*Pr*). Artinya, kualitas sinyal akan semakin buruk apabila jarak antara *transmitter* dan *receiver* semakin jauh. *Bandwidth* yang lebar akan menyebabkan nilai *noise* (*N*) menjadi semakin kecil, sehingga nilai SNR akan semakin besar.
- Hasil pengukuran *drive test* menunjukkan bahwa jarak tidak mempengaruhi nilai SNR. Semakin besar nilai SNR maka kualitas sinyal yang diterima akan semakin baik. Nilai SNR dari hasil pengukuran lebih bagus dibandingkan dengan nilai SNR berdasarkan perhitungan teori.

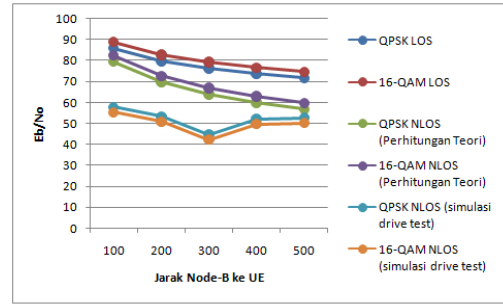
4. Analisis Energy bit to Noise Ratio (Eb/No)

Variasi nilai *pathloss* terhadap jarak antara *Node-B* dan UE yang didapatkan dari hasil pengukuran dengan menggunakan metode *drive test* dan perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Eb/No hasil perhitungan dan pengukuran

| No. | Jarak (m) | Line of Sight (LOS) | | Non-Line of Sight (NLOS) | | | |
|-----|-----------|---------------------|--------|--------------------------|--------|------------------------------------|--------|
| | | Eb/no | | Eb/No Perhitungan Teori | | Eb/No Pengukuran <i>drive test</i> | |
| | | QPSK | 16-QAM | QPSK | 16-QAM | QPSK | 16-QAM |
| 1. | 100 | 85.709 | 88.718 | 79.340 | 82.349 | 57.791 | 55.345 |
| 2. | 200 | 79.689 | 82.698 | 69.707 | 72.716 | 53.468 | 51.022 |
| 3. | 300 | 76.167 | 79.176 | 64.073 | 67.082 | 44.754 | 42.308 |
| 4. | 400 | 73.668 | 76.677 | 60.075 | 63.084 | 52.108 | 49.662 |
| 5. | 500 | 71.730 | 74.739 | 56.973 | 59.982 | 52.580 | 50.134 |

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 6. Grafik Eb/No terhadap jarak antara *Node-B* ke UE

Berdasarkan analisis perhitungan redaman propagasi (*path loss*) dan daya terima di atas dapat diketahui bahwa :

- Semakin besar nilai Eb/No maka kualitas sinyal terima akan semakin baik.
- Semakin besar nilai *bit rate* (*R*) maka nilai Eb/No akan semakin besar, dan semakin besar nilai *bandwidth* (*B*) maka nilai Eb/No akan semakin kecil.
- Pada perhitungan teori kondisi NLOS, semakin jauh jarak antara *transmitter* (*Node-B*) dan *receiver* (UE), maka nilai Eb/No akan semakin kecil.
- Hasil pengukuran *drive test* memperlihatkan bahwa jarak tidak mempengaruhi nilai Eb/No. Nilai Eb/No yang diperoleh lebih rendah dibandingkan dengan nilai dari hasil perhitungan.

5. Analisis Bit Error Rate (BER)

Variasi nilai *pathloss* terhadap jarak antara *Node-B* dan UE yang didapatkan dari hasil pengukuran dengan menggunakan metode *drive test* dan perhitungan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai BER hasil perhitungan dan pengukuran

| No. | Jarak (m) | Line of Sight (LOS) | | Non-Line of Sight (NLOS) | | | |
|-----|-----------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| | | BER | | BER Perhitungan Teori | | BER Pengukuran <i>drive test</i> | |
| | | QPSK | 16-QAM | QPSK | 16-QAM | QPSK | 16-QAM |
| 1. | 100 | 0.064 x 10 ⁻³⁸ | 2.037 x 10 ⁻⁹ | 3.321 x 10 ⁻³⁴ | 7.410 x 10 ⁻⁹ | 0.817 x 10 ⁻²⁶ | 1.808 x 10 ⁻⁶ |
| 2. | 200 | 1.402 x 10 ⁻³⁶ | 6.093 x 10 ⁻⁹ | 0.532 x 10 ⁻³¹ | 5.253 x 10 ⁻⁸ | 6.29 x 10 ⁻²⁵ | 1.099 x 10 ⁻⁶ |
| 3. | 300 | 4.811 x 10 ⁻³⁵ | 1.254 x 10 ⁻⁸ | 1.524 x 10 ⁻²⁸ | 1.657 x 10 ⁻⁷ | 4.043 x 10 ⁻²¹ | 2.639 x 10 ⁻⁵ |
| 4. | 400 | 5.51 x 10 ⁻³⁴ | 2.092 x 10 ⁻⁸ | 8.230 x 10 ⁻²⁷ | 3.749 x 10 ⁻⁷ | 2.483 x 10 ⁻²⁴ | 1.111 x 10 ⁻⁵ |
| 5. | 500 | 4.19 x 10 ⁻³³ | 3.135 x 10 ⁻⁸ | 1.808 x 10 ⁻²⁵ | 6.945 x 10 ⁻⁷ | 1.536 x 10 ⁻²⁴ | 0.527 x 10 ⁻⁵ |

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan analisis perhitungan redaman propagasi (*path loss*) dan daya terima di atas dapat diketahui bahwa :

- Kualitas sinyal terima akan semakin baik bila nilai BER semakin kecil.
- Pada perhitungan teori, nilai BER akan meningkat sesuai dengan penambahan jarak antara *transmitter* dan *receiver*. Sedangkan pada hasil pengukuran, jarak tidak mempengaruhi nilai BER.
- Semakin kecil nilai Eb/No maka nilai BER akan semakin besar.
- Nilai BER dari hasil perhitungan lebih baik dibandingkan dengan nilai BER dari hasil pengukuran *drive test*.

V. PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan dalam bab sebelumnya, maka dari perhitungan dan analisis pengaruh *fading* lintasan jamak terhadap performansi HSDPA dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Fading* lintasan jamak berpengaruh pada performansi HSDPA, yaitu pada *path loss* dan daya terima, sehingga mengakibatkan nilai SNR, kapasitas kanal, Eb/No dan BER selalu berubah mengikuti perubahan *path loss* dan daya terima.
2. Untuk jarak antara *Node-B* dan UE yang divariasikan mulai dari 100 m – 500 m pada kondisi *Line of Sight* (LOS) dan *Non-Line of Sight* (NLOS), maka dapat disimpulkan :
 - a. Nilai rugi-rugi propagasi pada kondisi LOS lebih kecil daripada kondisi NLOS pada jarak yang sama. Hal ini dikarenakan pada kondisi NLOS sinyal mengalami redaman yang cukup besar dibandingkan pada kondisi LOS. Pada jarak 500 m pada kondisi LOS, nilai *path loss* yaitu sebesar 92.041 dB. Sedangkan pada kondisi NLOS, nilai *path loss* yaitu sebesar 108.639 dB.
 - b. Sinyal pada kondisi LOS masih dapat diterima dan diproses dengan baik sampai jarak 500 m dengan daya terima -59.144 dBm. Begitu pula pada kondisi NLOS, sinyal dapat diterima sampai jarak 500 m dengan daya terima -72.641dBm. Hal ini daya terima sinyal tidak melebihi sensitivitas penerima yang besarnya -106.5 dBm.
 - c. Penurunan SNR_{sistem} dipengaruhi adanya *cyclic prefix* yang menyebabkan rugi-rugi energi. Nilai SNR_{sistem} pada kondisi LOS dengan jarak 500 m yaitu sebesar 69.017dB. Sedangkan pada kondisi NLOS dengan jarak 500 m, nilai SNR_{sistem} yaitu sebesar 54.260 dB..
 - d. Teknik modulasi 16-QAM memiliki nilai Eb/No yang paling besar dan QPSK memiliki nilai Eb/No yang paling kecil baik pada kondisi LOS dan NLOS dengan jarak yang sama. Hal ini disebabkan teknik modulasi 16-QAM memiliki laju data yang paling tinggi, sedangkan QPSK memiliki laju data yang paling rendah.
 - e. Penggunaan teknik modulasi yang berbeda mempengaruhi nilai Eb/No. Semakin besar nilai Eb/No, maka semakin tinggi nilai BER. Dalam hal ini pada kondisi LOS maupun NLOS, modulasi 16-QAM menghasilkan nilai BER yang paling besar pada jarak yang sama apabila

dibandingkan dengan modulasi yang lainnya. Untuk modulasi 16-QAM, nilai BER pada kondisi LOS dan NLOS masih memenuhi batas nilai maksimum BER pada HSDPA yaitu sebesar 10^{-3} .

B. SARAN

Saran yang diberikan untuk penelitian lebih lanjut tentang analisis pengaruh *fading* lintasan jamak terhadap performansi HSDPA antara lain yaitu :

1. Skripsi ini dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan tinggi gedung agar terlihat apakah tinggi gedung juga berpengaruh terhadap *fading* lintasan jamak.
2. Membandingkan hasil pengukuran *drive test* pada waktu yang berbeda-beda agar mendapatkan nilai perbandingan yang lebih banyak.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- Chen, Kwang-Cheng, J. Roberto B. De Marca. 2008. *MOBILE WiMAX*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Citra, Astika. 2010. *Pengaruh Multipath Fading Terhadap Performansi WCDMA*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya.
- Doufexi, Angela, Simon Armour. 2007. *PERFORMANCE EVALUATION OF HYBRID ARQ SCHEMES OF 3GPP HSDPA OFDMA SYSTEM*. UK : Bristol.
- Dyah, Arlina. 2008. *Pengaruh Multipath Fading Terhadap WiMAX Menggunakan Teknik OFDM*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya.
- Ergen, Mustafa. 2009. *Mobile Broadband(WiMAX and HSDPA)*. USA : Berkeley, CA.
- Forouzan, Behrouz A. 2000. *Data Communications and Networking 2nd edition*. Mc Graw-Hill International Edition.
- Goldsmith, Andrea. 2005. *Wireless Communications*. Cambridge University Press : Stanford University.
- ITU-R Recommendation M.1225. 1997. *Guidelines for evaluation of radio transmission technologies for IMT-2000*.
- K. Fazel, S. Kaiser. 2008. *Multicarrier and Spread Spectrum Systems*. New York : John Wiley &
- Mudasar, Iqbal, Tassadaq Husain. 2009. *Comparison Between WiMAX And 3GPP HSDPA*. Thesis : Blekinge Institute Of Technology.
- Prasad, Ramjee. 2004. *OFDM for wireless communications systems*. London : Artech House.
- Xiong, Fuqin. 2006. *Digital Modulation Technique*. London : Artech House, Inc.
- <http://www.ittelkom.ac.id>
- <http://www.3gpp.org>